

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Tetsuo TANIGUCHI and Saburo KAMIYA

Application No.: Continuation of PCT/JP98/05705

Filed: June 15, 2000

Docket No.: 106514

For: STAGE DEVICE AND EXPOSURE APPARATUS

CLAIM FOR PRIORITYDirector of the U.S. Patent and Trademark Office  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the following foreign country(ies) is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 9-364493 filed December 18, 1997.

Japanese Patent Application No. 10-339789 filed November 30, 1998.

In support of this claim, certified copies of said original foreign applications:

       x are filed herewith.                   were filed on            in Parent Application No.            filed           .

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these documents.

Respectfully submitted,

James A. Oliff  
Registration No. 27,075

JAO:TJP/crt

Thomas J. Pardini  
Registration No. 30,411

Date: June 15, 2000

OLIFF & BERRIDGE, PLC  
P.O. Box 19928  
Alexandria, Virginia 22320  
Telephone: (703) 836-6400DEPOSIT ACCOUNT USE  
AUTHORIZATION

Please grant any extension  
necessary for entry;  
Charge any fee due to our  
Deposit Account No. 15-0461



## 日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1997年12月18日

出 願 番 号

Application Number:

平成 9年特許願第364493号

出 願 人

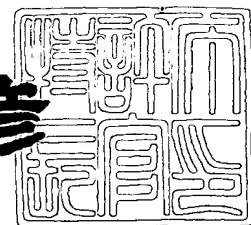
Applicant (s):

株式会社ニコン

2000年 3月31日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3021979

【書類名】 特許願

【整理番号】 97P01905

【提出日】 平成 9年12月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 9/02  
G01B 11/00  
G01B 21/00  
G05D 3/12  
H01L 21/027

【発明の名称】 レーザ干渉測長方法および装置、およびそれを用いたステージ装置、およびそれを用いた露光装置

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

【氏名】 神谷 三郎

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代表者】 吉田 庄一郎

【代理人】

【識別番号】 100101214

【弁理士】

【氏名又は名称】 森岡 正樹

【手数料の表示】

【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 047762

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9606108

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ干渉測長方法および装置、およびそれを用いたステージ装置、およびそれを用いた露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の自由度で移動可能な移動平面鏡に測定光を射出し、その反射光を参照光と干渉させて前記移動平面鏡の基準位置からの所定方向の距離を測長するために、前記測定光の測定軸を、一の測定軸での測長が不可能になっても他の測定軸で継続して測長できるように複数配置して行うレーザ干渉測長方法において、

前記一の測定軸が測長不可能な状態から測長可能になったら、前記他の測定軸の測定値から前記移動平面鏡の所定方向の距離に関する干渉の次数を求めるとともに、

前記干渉の次数と前記一の測定軸で測定される絶対位相とに基づいて、前記一の測定軸の測定値をリセットすることを特徴とするレーザ干渉測長方法。

【請求項2】

所定の自由度で移動可能な移動平面鏡と、

前記移動平面鏡に測定光を射出し、その反射光を参照光と干渉させて前記移動平面鏡の基準位置からの所定方向の距離を測長するレーザ干渉測定装置において、

前記測定光の測定軸を複数有し、当該複数の測定軸が一の測定軸での測長が不可能になっても、他の測定軸で継続して測長できるように配置された干渉計システムと、

前記干渉計システムの一の測定軸が測長不可能な状態から測長可能になったときに、前記他の測定軸の測定値から前記移動平面鏡の所定方向の距離に関する干渉の次数を求め、前記干渉の次数と前記一の測定軸で測定される絶対位相とに基づいて、前記一の測定軸の測定値をリセットする信号処理系と

を備えたことを特徴とするレーザ干渉測長装置。

【請求項3】

請求項2記載のレーザ干渉測長装置において、

前記信号処理系は、

前記一の測定軸の前記測定光と前記参照光とを干渉させて得られる測定信号と、  
所定の基準信号との位相差を検出する位相比較器と、

前記位相差の変化分を積算する積算器と、

前記一の測定軸の測定値をリセットするときに、前記測定信号と前記基準信号との絶対位相差  $\phi$  と、前記他の測定軸の測定値から求められた前記干渉の次数  $N$  とから、前記一の測定軸の干渉の次数  $N'$  を求め、

$$R = 2\pi \times N' + \phi$$

に対応するリセット値を前記積算器に設定する演算処理部とを備えたことを特徴とするレーザ干渉測長装置。

#### 【請求項4】

請求項3記載のレーザ干渉測長装置において、

前記絶対位相差  $\phi$  が零の点を基準に前記移動平面鏡の所定方向の距離をヘテロダイン干渉方式で測定することを特徴とするレーザ干渉測長装置。

#### 【請求項5】

請求項3記載のレーザ干渉測長装置において、

前記演算処理部は、

前記リセット値を前記積算器に設定するまでの間に前記積算器で積算された前記位相差の変化分に対応する計数値を、前記リセット値に加えて前記積算器に設定することを特徴とするレーザ干渉測長装置。

#### 【請求項6】

所定の移動方向に移動可能なステージと、

前記所定の移動方向にほぼ垂直な反射面を有し、前記ステージに固定されて前記ステージと共に移動する移動平面鏡とを備えたステージ装置において、

前記移動平面鏡を構成要素に含む請求項2乃至5のいずれかに記載のレーザ干渉測長装置を備えたことを特徴とするステージ装置。

#### 【請求項7】

請求項6記載のステージ装置において、

前記ステージは、前記所定の移動方向とほぼ直角な方向にも移動可能なステー

ジであり、

前記直角な方向にほぼ垂直な反射面を有し、前記ステージに固定されて前記ステージと共に移動する移動平面鏡をさらに備え、当該移動平面鏡を構成要素に含む請求項2乃至5のいずれかに記載のレーザ干渉測長装置をさらに備えていることを特徴とするステージ装置。

【請求項8】

請求項7記載のステージ装置において、

前記移動平面鏡の前記所定の移動方向とほぼ直角な方向の長さは、前記所定の移動方向とほぼ直角な方向に移動する前記ステージの移動ストロークより短いことを特徴とするステージ装置。

【請求項9】

請求項8記載のステージ装置において、

前記移動平面鏡の移動に係わらず、隣接するいずれかの2軸の前記測定軸により常に前記移動平面鏡の角度変動成分が測定されるように、前記移動平面鏡に対して少なくとも3軸の前記測定軸が設けられていることを特徴するステージ装置。

【請求項10】

レチクルを載置して移動可能なレチクルステージと、感応基板を載置して2次元移動可能な基板ステージとを有し、前記レチクルのパターンの像を前記感応基板に露光する露光装置において、

前記レチクルステージおよび前記基板ステージの少なくとも一方に請求項6乃至9のいずれかに記載のステージ装置を用いたことを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、物体の移動量を高精度で測長できるレーザ干渉測長方法および装置、およびそれを用いたステージ装置、およびそれを用いた露光装置に関する。特に、高精度で2次元移動するステージ装置に用いて好適であり、また、半導体装置、液晶表示装置等の製造に使用される露光装置に用いて好適なものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

半導体装置や液晶表示装置等の製造工程におけるフォトリソグラフィ工程では、レチクルあるいは、マスク（以下、レチクルという）に形成された回路パターンを投影光学系を介して半導体ウェハやガラスプレート（以下、ウェハという）上に投影露光する投影露光装置が用いられている。この投影露光装置としては種々の方式のものがあるが、例えば半導体装置の製造の場合、レチクルの回路パターン全体を一度に投影し得るイメージフィールドを持つ投影光学系を介してウェハをステップ・アンド・リピート方式で露光する投影露光装置と、レチクルを1次元に走査しつつ、ウェハをそれと同期した速度で1次元に走査させる、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置とがある。

## 【0003】

ところで、これらの投影露光装置には高い露光精度が要求されており、そのため、レチクルを載置して移動するレチクルステージ、あるいはウェハを載置して2次元移動するウェハステージは、超精密レーザ干渉測長装置により移動量が測定されて高精度でステージの位置決めが行えるようになっている。

## 【0004】

これら投影露光装置に用いられている従来のステージ装置を図8を用いて説明する。図8は、従来のステージ装置の平面図であり、図8において、X-Y面内で移動可能なステージ200のY方向に沿った一側面には、X方向の変位（移動量）を測定するための移動平面鏡MXが固定され、X方向に沿った一側面にはY方向の変位を測定するための移動平面鏡MYが固定されている。そして、移動平面鏡MX、MYは概略直交して設置されている。ステージ200のX方向の変位は、移動平面鏡MXにほぼ垂直に入射する測定ビームを有するレーザ干渉測長装置の測定軸X1とX2によって、またステージ200のY方向の変位は、移動平面鏡MYにほぼ垂直に入射する測定ビームを有する測定軸Yによって測定される。また、X方向の変位を測定する測定軸X1、X2の光路の間隔はY方向に距離DXだけ離れており、測定軸X1、X2の測定値の差分からX-Y面に垂直なZ方向回りの回転量を求めることもできるようになっている。従って、このステー



ジ装置においては、ステージ200のX、Y方向の移動成分、およびθZ方向の回転成分という3自由度の変位計測を3つの測定軸により実現している。

#### 【0005】

ところが、このような構成の従来のステージ装置では、ステージ200のX、Y方向それぞれの最大移動範囲の全ての領域で各測定軸X1、X2、Yの測定ビームが常に移動平面鏡MX、MYにそれぞれ照射されている必要があるため、移動平面鏡MX、MYは、ステージ200がX-Y面内で移動してもレーザ干渉測長装置の各測定軸X1、X2、Yの測定ビームを反射し続けるように、その寸法はステージ200の可動範囲より大きくしておく必要があった。

#### 【0006】

このため、ステージ200の可動範囲を広げようとする、大型の移動平面鏡MX、MYが必要になり、それに伴ってステージ200全体の形状も大きくなるを得ず、そのためステージ200が重くなってしまい高速で移動させることが困難になるという問題が生じる。また大型の平面鏡を所定の平面度で加工するには多大な技術的困難が伴い、さらに、大きな平面鏡にたわみを生じさせずにステージ200側部に固定することも技術的には多大な困難がある。ところが、移動平面鏡の平面度の低下は、レーザ干渉測長装置によるステージの位置決め精度の低下に直接的につながるため、結局ステージ200の可動範囲を制限せざるを得ないという問題が生じている。

#### 【0007】

このような問題を解決するステージ装置として、例えば特開平7-253304号公報に開示されているものがある。この開示されたステージ装置は、ステージの変位の自由度の数（例えば、3自由度とする）よりも多い数の測定軸（例えば、4個）を設置することによって、一の測定軸の測定ビームが移動平面鏡の測定範囲から外れても、他の残りの測定軸によりステージの移動の自由度分の測定ができるようにしている。そして、移動平面鏡から外れた当該一の測定軸の測定範囲内に再度移動平面鏡が入ったら、他の残りの測定軸での測定値を当該一の測定軸の初期値として設定することにより、当該一の測定軸によるステージの移動量の測定を可能にして、移動平面鏡の大きさをステージの移動範囲よりも小さく

することを可能にしている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前述の特開平7-253304号公報に開示されたステージ装置では、当該一の測定軸の初期値として他の測定軸の測定値を使う必要があるが、初期値を設定する精度が、他の測定軸での測定精度によって制約され、高精度な初期値設定ができないという問題があった。つまり、前述の公報に開示されたステージ装置では、初期値設定の精度が、当該一の測定軸の有している固有の精度より常に劣ってしまうという問題を有している。

【0009】

また、測定軸をステージ自由度よりも大幅に上回る数で設置するようにした場合、コストの大幅な上昇が避けられないという問題もあり、現実的には採用し難かった。

【0010】

また、従来のステージ装置に用いられているレーザ干渉測長装置は、ホモダイン検出方式とヘテロダイン検出方式とに大別されるが、露光装置等の極めて高精度で位置決めを行う必要のあるステージ装置で用いられるレーザ干渉測長装置には、ほとんどヘテロダイン方式が採用されている。これは、ホモダイン検出方式が、フリンジ（干渉縞の次数）をカウント（計数）して干渉の次数と位相を測定するフリンジカウント方式であるため、干渉を生じさせる測定ビームの光量に変動等が生じると、その光量変動が直接的に位相測定に影響を与えてしまうため、精度的に限界を有していることによる。

【0011】

ここで、ヘテロダイン・レーザ干渉計について簡単に説明する。図10はヘテロダイン・レーザ干渉計の概略の構成を示している。図10において、レーザ光源202は、偏光方位が互いに直交し、わずかに異なる2つの周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の光を射出する。レーザ光源202を射出した2つの光は同軸で偏光ビームスプリッタ204に入射し、例えば、周波数 $f_1$ の光は偏光ビームスプリッタ204を透過して測定光路上の移動平面鏡MXで反射し、周波数 $f_2$ の光は偏光ビーム

スプリッタ204で反射して参照光路上の固定鏡（図10では、コーナ・キューブ・プリズム）206で反射し、再び偏光ビームスプリッタ204で反射する。

#### 【0012】

測定光路上には1/4波長板208が設けられており、従って、移動平面鏡MXに入射して戻ってくる周波数 $f_1$ の光は、この1/4波長板208を2回通過してその偏光方位を $90^\circ$ 回転させられるため、偏光ビームスプリッタ204で反射させられる。偏光ビームスプリッタ204で反射した周波数 $f_1$ の光は、固定鏡210で反射して光路をずらされて再び偏光ビームスプリッタ204に入射して反射し、測定光路を進んで再び移動平面鏡で反射する。移動平面鏡MXに入射して戻ってくる周波数 $f_1$ の光は、上述と同様に1/4波長板208を2回通過してその偏光方位を $90^\circ$ 回転させられるため、今度は偏光ビームスプリッタ204を透過する。

#### 【0013】

測定光路上の移動平面鏡MXで2回反射して偏光ビームスプリッタ204を透過した周波数 $f_1$ の光と、参照光路を通過して偏光ビームスプリッタ204で反射した周波数 $f_2$ の光とは同軸で検出器212に入射する。検出器212内では、周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の偏光方位を一致させた後干渉させ、その干渉光が受光系で受光されて光電変換される。光電変換された干渉光は、 $(f_1 - f_2)$ のビート周波数に移動平面鏡MXの移動に伴って生じるドップラー効果分の周波数変化 $\Delta f(t)$ を加えた周波数を有する測定信号S2として検出器212から位相比較器1に入力される。一方、レーザ光源202からは周波数 $f_1$ の光と周波数 $f_2$ の光を干渉させて得られた $(f_1 - f_2)$ のビート周波数を有する信号が参照信号S1として位相比較器1に入力される。

#### 【0014】

次に、図9を用いてヘテロダイン・レーザ干渉計における信号処理系の構成を説明する。図9において、参照信号S1と測定信号S2の位相差が、位相比較器1で検出され、その出力 $\phi$ は積算器2に送られ、この位相差 $\phi$ の変化分を積算することで、移動平面鏡の変位に比例した信号Pが求められる。

これを数式を用いて説明すれば以下のようになる。移動平面鏡の変位に伴う周

波数の変化を  $\Delta f(t)$  として、

【0015】

$$\begin{aligned} P &= \int d\phi \\ &= \int (d\phi / dt) dt \\ &= \int \Delta f(t) dt \end{aligned}$$

【0016】

ここで、ドップラー効果から、移動平面鏡の速度を  $v$ 、測定ビームの波長を  $\lambda$ 、光路折り返し数を  $m$  とすれば、

【0017】

$$\Delta f(t) = mv / \lambda$$

従って、

$$P = (m / \lambda) \int v dt$$

【0018】

となる。移動平面鏡の変位量を  $D$  とすると、

$$\begin{aligned} D &= \int v dt \\ &= (\lambda / m) P \end{aligned}$$

【0019】

となる。

位相比較器1の電氣的な分解能は  $\lambda \cdot (1 / 256)$  程度にでき、また、光源が He-Ne レーザであれば  $\lambda = 633 \text{ nm}$  として、測定光路が図10に示したようなダブルパスの場合  $m = 4$  であるので、結局、変位量  $D$  は、 $633 \text{ nm} / (4 \times 256) = 0.618 \text{ nm}$  の分解能で検出することが可能である。ところが、従来のヘテロダイン・レーザ干渉計の信号処理系には、干渉の次数（フリンジ）をカウントしたり、絶対位相を積算器に設定する概念が無く、ヘテロダイン・レーザ干渉計をリセットする場合は、単に積算器2のカウンタを0（ゼロ）に設定するだけであった。

【0020】

なお、参照信号と測定信号の絶対位相を読みとって継続測定に利用するヘテロダイン・レーザ測長システムに関連する技術として、米国特許第4765741

号に開示された、低熱膨張の林料で作られたキャビティの固定パスを測長して環境雰囲気の屈折率変動を検出する波長トラッカーがある。この波長トラッカーの場合には、固定長の単独の測定軸に関して、マイクロプロセッサが絶対位相を一定時間間隔で読みとって積算するようになっている。何らかの原因で測定ビームが遮断された場合には、遮断される前後の絶対位相を比較して、大きな変化がなければ、そのまま測定を継続し、変化が大きい場合には、その時点で積算処理をリセットするようになっている。この場合には、マイクロプロセッサを使っているため、位相の読みとり、積算時間間隔はあまり短くできず、高速で移動するステージなどの測長制御には使えない。

#### 【0021】

本発明は、従来の技術が有している上記技術的課題を解決するためになされたものであり、その目的は、X-Y平面を移動可能な移動平面鏡のX方向変位を、Y方向の長さが短い小さな移動平面鏡で精密に測定できるレーザ干渉測長方法および装置を提供することにある。

#### 【0022】

また、本発明の目的は、X-Y平面を移動可能なステージに固定された移動平面鏡のX方向変位を、Y方向の長さが短い小さな移動平面鏡で精密に測定できるレーザ干渉測長装置を用いたステージ装置、およびそれを用いた露光装置を提供することにある。

#### 【0023】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的は、所定の自由度で移動可能な移動平面鏡に測定光を射出し、その反射光を参照光と干渉させて移動平面鏡の基準位置からの所定方向の距離を測長するために、測定光の測定軸を、一の測定軸での測長が不可能になっても他の測定軸で継続して測長できるように複数配置して行うレーザ干渉測長方法において、一の測定軸が測長不可能な状態から測長可能になったら、他の測定軸の測定値から移動平面鏡の所定方向の距離に関する干渉の次数を求めるとともに、干渉の次数と一の測定軸で測定される絶対位相とに基づいて、一の測定軸の測定値をリセットすることを特徴とするレーザ干渉測長方法によって達成される。

## 【0024】

また、上記目的は、所定の自由度で移動可能な移動平面鏡と、移動平面鏡に測定光を射出し、その反射光を参照光と干渉させて移動平面鏡の基準位置からの所定方向の距離を測長するレーザ干渉測定装置において、測定光の測定軸を複数有し、当該複数の測定軸が一の測定軸での測長が不可能になっても、他の測定軸で継続して測長できるように配置された干渉計システムと、干渉計システムの一の測定軸が測長不可能な状態から測長可能になったときに、他の測定軸の測定値から移動平面鏡の所定方向の距離に関する干渉の次数を求め、干渉の次数と一の測定軸で測定される絶対位相とに基づいて、一の測定軸の測定値をリセットする信号処理系とを備えたことを特徴とするレーザ干渉測長装置によって達成される。

## 【0025】

また、上記目的は、本発明のレーザ干渉測長装置において、信号処理系は、一の測定軸の測定光と参照光とを干渉させて得られる測定信号と、所定の基準信号との位相差を検出する位相比較器と、位相差の変化分を積算する積算器と、一の測定軸の測定値をリセットするときに、測定信号と基準信号との絶対位相差 $\phi$ と、他の測定軸の測定値から求められた干渉の次数 $N$ とから、一の測定軸の干渉の次数 $N'$ を求め、 $R = 2\pi \times N' + \phi$ に対応するリセット値を積算器に設定する演算処理部とを備えることによって達成される。

## 【0026】

また、本発明のレーザ干渉測長装置において、絶対位相差 $\phi$ が零の点を基準に移動平面鏡の所定方向の距離をヘテロダイン干渉方式で測定することを特徴とする。さらに、演算処理部は、リセット値を積算器に設定するまでの間に積算器で積算された位相差の変化分に対応する計数値を、リセット値に加えて積算器に設定することを特徴とする。

## 【0027】

また、上記目的は、所定の移動方向に移動可能なステージと、所定の移動方向にほぼ垂直な反射面を有し、ステージに固定されてステージと共に移動する移動平面鏡とを備えたステージ装置において、移動平面鏡を構成要素に含む上述のレーザ干渉測長装置を備えたことを特徴とするステージ装置によって達成される。

## 【0028】

上記ステージ装置において、ステージは、所定の移動方向とほぼ直角な方向にも移動可能なステージであり、直角な方向にほぼ垂直な反射面を有し、ステージに固定されてステージと共に移動する移動平面鏡をさらに備え、当該移動平面鏡を構成要素に含む上述のレーザ干渉測長装置をさらに備えていることを特徴とする。また、移動平面鏡の所定の移動方向とほぼ直角な方向の長さは、所定の移動方向とほぼ直角な方向に移動するステージの移動ストロークより短いことを特徴とする。さらに、移動平面鏡の移動に係わらず、隣接するいずれかの2軸の測定軸により常に移動平面鏡の角度変動成分が測定されるように、移動平面鏡に対して少なくとも3軸の測定軸が設けられていることを特徴する。

## 【0029】

さらに、上記目的は、レチクルを載置して移動可能なレチクルステージと、感応基板を載置して2次元移動可能な基板ステージとを有し、レチクルのパターンの像を感応基板に露光する露光装置において、レチクルステージおよび基板ステージの少なくとも一方に上述のステージ装置を用いたことを特徴とする露光装置によって達成される。

## 【0030】

本発明によれば、一の測定軸の1フリンジ（干渉縞）内の位相に関しては、当該一の測定軸自体で測定できるという干渉計の原理に基づき、移動平面鏡からの反射光が再び得られるようになった当該一の測定軸に初期値を設定する際には、他の測定軸で測定された測定値を当該一の測定軸の干渉の次数と端数分を決定するための推定値として利用し、推定された干渉の次数と端数および当該一の測定軸で測定した絶対位相 $\phi$ とに基づいて、当該一の測定軸の初期値を決定するようにしている。

## 【0031】

本発明を、フリンジカウント（干渉縞計数）方式のレーザ干渉計に適用する場合の原理を以下に説明する。この干渉計で測定される測長値 $L$ は、次式で表される。

## 【0032】

$$L = (N + \varepsilon) \times (\lambda / m)$$

## 【0033】

ここで、 $N$ は干渉の次数（整数）、 $\varepsilon$ は位相（端数分）、 $\lambda$ はレーザ干渉計の波長、 $m$ は干渉計光路の折り返し数（いわゆるシングルパスで、 $m=2$ 、ダブルパスで $m=4$ ）である。 $\lambda$ 、 $m$ は既知であるから、移動平面鏡の移動に応じて干渉縞（フリンジ）をカウントして $N$ を求め、1フリンジ内の位相 $\varepsilon$ は周知の各種補間方法で $1/100$ 程度の分解能で測定することが可能である。従って、最終的に $L$ を $\lambda/(100 \times m)$ 程度の分解能で測定することができる。前述の一の測定軸に対する初期値設定の際には、測定ビームが移動平面鏡からいったん外れているため、 $N$ が不明である。ところが、位相 $\varepsilon$ は常に当該一の測定軸で測定可能であるから、他の測定軸の測定値から計算で $N$ が求めれば、当該一の測定軸の初期値は測定軸固有の精度で設定することが可能となる。

## 【0034】

この場合、他の測定軸から初期値設定をする測定軸の $L$ を求める精度は干渉の次数 $N$ を求められる程度であればよく、具体的には、 $\pm \lambda/(2m)$ 以内であればよい。

## 【0035】

次に、ヘテロダイン方式のレーザ干渉計に本発明を適用する場合について説明する。この場合も、位相の測定方式が異なるだけで、基本的にフリンジカウント方式と同様の処理となる。ヘテロダイン方式では、参照干渉信号に対する測定干渉信号の絶対位相の変化分を積算している。この絶対位相がフリンジカウント方式での位相 $\varepsilon$ に対応する。

## 【0036】

## 【発明の実施の形態】

本発明の一実施の形態によるレーザ干渉測長方法および装置、およびそれを用いたステージ装置、およびそれを用いた露光装置を図1乃至図7を用いて説明する。本実施の形態は、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。まず、本実施の形態による投影露光装置の概略の構成を図1を用いて説明する。 $g$ 線（波長：436nm）、 $i$ 線（波長：365nm）



等の光束（エネルギー線）を発する水銀ランプ12は、回転対称型反射鏡としての楕円鏡14のほぼ第1焦点に位置する。水銀ランプ12は駆動系40により、第1焦点近傍を楕円鏡14の光軸に沿って移動できるようになっている。水銀ランプ12からの照明光は楕円鏡14によりその第2焦点近傍に集光される。この第2焦点には、駆動系36によって照明光の遮断と透過とを切り替えるシャッタ16が配置されており、シャッタ16を通った照明光束は、コリメートレンズ5に入射してほぼ平行光束に変換される。

#### 【0037】

この平行光束は、オプティカルインテグレータとして機能するフライアイレンズ22に入射する。このフライアイレンズ22の射出側には多数の2次光源像が形成される。フライアイレンズ22によって形成される複数の2次光源の近傍には、照明条件変更手段として当該2次光源の光強度分布を所定の光強度分布に整形する開口絞り部4が配置されている。この開口絞り部4は、図示を省略したが回転軸を中心に回転可能なターレットに複数の開口絞りが形成されたものであり、ターレットを回転させて開口絞りのいずれかを2次光源の射出面上に設定することができるようになっている。

#### 【0038】

所定の開口絞りを透過した各2次光源像からの照明光はコンデンサレンズ26に入射する。コンデンサレンズ26の後側焦点面には、複数の可動ブレード（BL1、BL2等）を有するレチクルブラインド機構28が配置されている。複数のブレードBLは、それぞれ駆動系38によって独立に移動できるようになっている。また、複数のブレードの各エッジで規定された開口APの形状は、投影光学系PLの投影フィールド内に含まれるように定められる。

#### 【0039】

コンデンサレンズ26を通過した照明光は、レチクルブラインド機構28の開口APを通過し、レンズ系30に入射する。レンズ系30を射出した照明光は、ミラー32、およびメインコンデンサレンズ34を介してレチクルRを照射する。これにより、ブラインド機構28の複数のブレードBLで規定された開口APの像がレチクルR下面のパターン面に結像される。

## 【0040】

レチクルRは、図中のX-Y平面を2次元的に移動可能なレチクルステージRST上に載置されている。レチクルステージRST側面のX、Y方向には平面反射鏡50（図1ではX軸用反射鏡50Xのみを示し、Y軸用反射鏡50Yの図示は省略している）が取り付けられており、レーザ干渉システム52からのレーザ光を平面反射鏡50で反射させてX軸、Y軸方向のレチクルステージRSTの位置を正確に測定できるようになっている。レーザ干渉システム52からの測長データは制御装置8に送られ、制御装置8は図示しない駆動系に指令を送出することによりレチクルステージRSTをXY面内で正確に位置決め制御できるようになっている。

## 【0041】

レチクルRを透過した照明光は、投影光学系PLに入射して集光され、投影光学系PLのイメージフィールド内にレチクルRのパターンの像を結像する。本実施の形態においては、投影光学系PLは、両側テレセントリックで1/4縮小、あるいは1/5縮小の屈折素子、あるいは屈折素子と反射素子との組み合わせで構成されている。なお、図1において、投影光学系PLの光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で紙面に平行な方向にX軸を取り、紙面に垂直な方向にY軸をとるものとする。

## 【0042】

投影光学系PLの下方には、ウェハWを載置してX-Y面内を2次元移動可能なウェハステージWSTが設けられている。ウェハステージWSTは、駆動系6によりX方向に移動し、図示しないY方向の駆動系によりY方向に移動するようになっている。ウェハステージWSTの移動量は、X軸方向測定用の平面反射鏡54Xにレーザ光を照射してX軸方向のウェハステージWSTの移動量を測定するレーザ干渉システム7X（Y軸方向のレーザ干渉システム7YおよびY軸用平面反射鏡54Yの図示は省略している）により逐次計測されるようになっている。このウェハステージWSTに設けられたレーザ干渉測長装置については、図2を用いて後程詳述する。

## 【0043】

ウェハWは図示しないウェハホルダWH上に吸着され、ウェハホルダWHをZ方向に移動させて、ウェハWの表面を投影光学系PLによるイメージフィールドのフィールド面に一致させることができるようになっている。

#### 【0044】

次に、本投影露光装置全体を制御する制御装置8について説明する。制御装置8には、レーザ干渉システム7等の位置検出手段から、ウェハステージWSTおよびレチクルステージRSTの位置情報が例えば10nm程度の高分解能で入力される。制御装置8は、それらの位置情報に基づいて駆動系6等に指令を与え、ウェハステージWSTあるいはレチクルステージRSTを所定の位置に移動させるように制御する。また制御装置8は、所定の照明条件に基づいて開口絞りのいずれかを照明光の光路中にセットするように開口絞り部4を制御し、あるいは駆動系38に指令を与えてブレードBLを移動させて所定の開口APを形成するようにレチクルブラインド機構28を制御する。

#### 【0045】

次に、図2を用いて本実施の形態による露光装置のウェハステージWSTに使用されているステージ装置およびレーザ干渉測長装置の概略の構成を説明する。

ウェハステージWSTを構成するXステージXSTは、YステージYST上のX方向に形成された案内溝に沿ってX方向に摺動可能にYステージYST上に搭載されている。YステージYSTは、ベースB上のY方向に形成された案内溝に沿ってY方向に摺動可能にベースB上に搭載されている。図示しないXステージ駆動系およびYステージ駆動系により、XステージXSTとYステージYSTはそれぞれ独立して移動可能に駆動されるようになっており、従ってXステージXSTは、X-Y面内を2次元移動することができるようになっている。

#### 【0046】

XステージXSTのY方向に延びる一側面には、XステージXSTのX方向の移動量を計測するための移動平面鏡54Xが固定されている。移動平面鏡54XのY方向の長さは、XステージXSTの側面のY方向の長さより短く形成されている。同様に、XステージXSTのX方向に延びる一側面には、XステージXSTのY方向の移動量を計測するための移動平面鏡54Yが固定されている。移動

平面鏡 54 Y の X 方向の長さは、X ステージ X S T の側面の X 方向の長さより短く形成されている。また、これら移動平面鏡 54 X、54 Y は、それら反射平面が、それぞれ Z 軸に対してほぼ平行で、両反射平面をそれぞれ延長した仮想平面同士がほぼ直交するように X ステージ X S T 側面に固定されている。

#### 【0047】

また、本実施の形態においては、X ステージ X S T の X 方向の移動量を測定するためのレーザ干渉システム 7 X と、X ステージ X S T の Y 方向の移動量を測定するためのレーザ干渉システム 7 Y とが設けられている。レーザ干渉システム 7 X は、例えば波長  $\lambda = 633 \text{ nm}$  で、互いに偏光方位が直交する 2 つの周波数  $f_1$ 、 $f_2$ （例えば、 $f_1 - f_2 = 2 \text{ MHz}$ ）の光を射出する He-Ne ガスレーザのレーザ光源 70 X を有している。レーザ光源 70 X からの射出光の進行方向には、3 個のビームスプリッタ 72 a ~ 72 c と、ビームベンダ 74 a がこの順にほぼ等間隔で配置されている。これら 3 個のビームスプリッタ 72 a ~ 72 c およびビームベンダ 74 a のそれぞれで反射するレーザ光源 70 X からのレーザ光はほぼ直角に曲げられて 4 つの測定軸の測定ビームを構成し、X ステージ X S T に取り付けられた移動平面鏡 54 X の反射面にほぼ垂直な方向に進む。各軸上には例えば図 10 に示した偏光ビームスプリッタ 204、コーナーキューブプリズム 206、210、および  $1/4$  波長板 208 からなる干渉ユニット 78 a ~ 78 d が配置されている。これらの干渉ユニット 78 a ~ 78 d を通過した測定ビームが移動平面鏡 54 X を 2 回反射して各干渉ユニット 78 a ~ 78 d から射出する光路上に、光電変換素子を備えた検出器 76 a ~ 76 d が配置されている。図示は省略するが、検出器 76 a ~ 76 d の光電変換素子の前段には偏光子が設けられている。この偏光子は、周波数  $f_1$ 、 $f_2$  の光の偏光方位に対し  $45^\circ$  傾いており、従って、参照光路を通過してきた周波数  $f_2$  の光と、測長光路を通過してきた周波数  $f_1$  の光は、この偏光子を通った後干渉して、光電変換素子において周波数  $f_1$  と周波数  $f_2$  の差 ( $f_1 - f_2$ ) をキャリアとするビートシグナル（測定信号）S2 が検出される。各軸の検出器 76 a ~ 76 d で検出された測定信号は信号処理系 10 に入力されるようになっている。

#### 【0048】

図2においては、干渉ユニット78a、78bの測定ビームが移動平面鏡54Xに反射して、反射光が検出器76a、76bにそれぞれ入射しており、干渉ユニット78c、78dの測定ビームは移動平面鏡54Xから外れており、検出器76c、76dには測定ビームが戻ってきていない状態を示している。

#### 【0049】

なお、各軸に供給される測定ビームの光強度は均等であることが望ましいので、ビームスプリッタ72aには、光振幅分割の割合が、入射光を100%とした反射光の割合が25%となる素子を用い、同様にしてビームスプリッタ72bには33%、ビームスプリッタ72cには50%の素子を用いている。

#### 【0050】

一方、レーザ干渉システム7Yは、X軸用のレーザ光源70Xと同様に、波長 $\lambda = 633\text{ nm}$ で、互いに偏光方位が直交する2つの周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の光を射出するHe-Neガスレーザのレーザ光源70Yを有している。レーザ光源70Yからの射出光の進行方向には、振幅分割比が50%のビームスプリッタ72dが設けられ、ビームスプリッタ72dで反射した光の進行方向にビームベンダ74bが配置されている。ビームスプリッタ72dの透過光はそのまま直進し、ビームベンダ74bで反射した光は透過光と平行になって進むようになっている。結局レーザ光源70Yからのレーザ光は2軸に分割され、XステージXSTに取り付けられた移動平面鏡54Yの反射面にほぼ垂直に入射する方向に進む。各軸上には干渉ユニット78e、78fが配置されている。これらの干渉ユニット78e、78fを通過した測定ビームが移動平面鏡54Yを2回反射して干渉ユニット78e、78fから射出する光路上に、光電変換素子を備えた検出器76e、76fが配置されている。検出器76e、76fの光電変換素子の前段にも図示しない偏光子が設けられており、参照光路を通ってきた周波数 $f_2$ の光と、測長光路を通ってきた周波数 $f_1$ の光は、この偏光子を通った後干渉して、光電変換素子において周波数 $f_1$ と周波数 $f_2$ の差( $f_1 - f_2$ )をキャリアとするビートシグナル(測定信号)S2が検出される。各軸の検出器76e、76fで検出された測定信号は信号処理系10に入力される。

#### 【0051】

図2においては、干渉ユニット78e、78fの測定ビームが移動平面鏡54Yに反射して、反射光が検出器76e、76fにそれぞれ入射している状態を示している。

### 【0052】

次に、図3を用いて本実施の形態によるレーザ干渉測長装置の動作について説明する。図3(a)は、X-Y平面を2次元移動可能なステージSTをX-Y平面に垂直なZ方向から見た図である。図3(a)において、X-Y面内で移動可能なステージSTのY方向に沿った一側面には、X方向の変位(移動量)を測定するための移動平面鏡MXが固定され、X方向に沿った一側面にはY方向の変位を測定するための移動平面鏡MYが固定されている。そして、移動平面鏡MX、MYの両反射平面はZ軸に平行で、両反射平面をそれぞれ延長した2つの仮想平面は直交するように、移動平面鏡MX、MYは設定されている。ステージSTのX方向の変位は、移動平面鏡MXにほぼ垂直に入射する測定ビームを有するレーザ干渉測長装置の測定軸X1とX2によって、またステージSTのY方向の変位は、移動平面鏡MYにほぼ垂直に入射する測定ビームを有する測定軸Y1、Y2によって測定される。X方向の変位を測定する測定軸X1、X2の光路の間隔は距離DXだけ離れており、Y方向の変位を測定する測定軸Y1、Y2の光路の間隔は距離DYだけ離れている。従って、X方向の変位を測定する測定軸X1、X2の測定値の差分から、あるいはY方向の変位を測定する測定軸Y1、Y2の測定値の差分から、X-Y面に垂直なZ軸回りの回転量 $\theta Z$ を求めることもできるようになっている。従って、このステージ装置においては、ステージSTのX、Y方向の移動成分、および $\theta Z$ 方向の回転成分という3自由度の変位計測を4つの測定軸により実現している。

### 【0053】

さてここで、図3(a)に示したような3自由度で移動するステージSTと4つの測定軸を有するレーザ干渉測長装置において、ステージSTがY方向に移動して図3(b)に示す位置に達したとする。図3(b)では、X1測定軸の測定ビームが移動平面鏡MXから外れている。この状態から再び図3(a)に示す位置に向かってステージSTが移動を始め、移動平面鏡MXが測定軸X1の測定ビ

ームの測定範囲内に入った際の、測定軸 X 1 に設定する初期値を次式 (1) から求める。まず初めに、一の測定軸 (この例では測定軸 X 1) の初期値として他の測定軸 (この例では、測定軸 X 2) の測定値をそのまま利用する上述の特開平 7-253304 号公報に開示された方法について考察する。

【0054】

$$L(X1) = L(X2) - DX \cdot \theta Z + d \quad \dots (1)$$

【0055】

ここで、L(X1) は測定軸 X 1 の測長値を、L(X2) は測定軸 X 2 の測長値である。また、DX は測定軸 X 1 の測定ビームと測定軸 X 2 の測定ビームの間隔である。 $\theta Z$  は Z 軸回りのステージ ST の回転角度である。d は移動平面鏡 MX と MY の直交度によるオフセット項で、一定値を取る。この場合、 $\theta Z$  は測定軸 Y 1 と測定軸 Y 2 の測定値から次式で求まる。

【0056】

$$\theta Z = \{L(Y2) - L(Y1)\} / DY \quad \dots (2)$$

【0057】

ここで、L(Y1) は測定軸 Y 1 の測長値を、L(Y2) は測定軸 Y 2 の測長値である。また、DY は測定軸 Y 1 の測定ビームと測定軸 Y 2 の測定ビームの間隔である。この式 (2) を式 (1) に代入すれば、

【0058】

$$L(X1) = L(X2) - (DX/DY) \cdot \{L(Y2) - L(Y1)\} + d \quad \dots (3)$$

【0059】

となる。DX、DY は装置固有の定数であり、また d は単に X 1 測定軸の測定ビームが外れる前の X 1 測定軸と X 2 測定軸の計測値の差を記憶しておけばよい。L(X2) は継続して測定されているから、直交度を求めて計算する必要はない。以上より、各測定軸の計測誤差の標準偏差を  $\sigma(\dots)$  で表せば、測定軸 X 1 の初期値設定誤差  $\Delta(X1)$  は、誤差伝搬則より次式で表される。

【0060】

$$\Delta^2(X1) = \sigma^2(X2) + (DX/DY)^2 \times \{\sigma^2(Y2) + \sigma^2(Y1)\}$$

... (4)

【0061】

例えば、各測定軸の計測精度が等しいとすれば、 $\sigma(Y1) = \sigma(Y2) = \sigma(X1) = \sigma_m$ と書けるから、 $DX = DY$ の場合、式(4)は、

【0062】

$$\Delta^2(X1) = 3 \times (\sigma_m)^2$$

【0063】

となり、結局、

【0064】

$$\Delta(X1) = \sqrt{3} \times \sigma_m$$

【0065】

となり、測定軸X1の初期値設定誤差 $\Delta(X1)$ は、測定軸X1固有の測定精度 $\sigma_m$ よりも大きくなってしまふことがわかる。 $DX < DY$ とすれば多少精度が向上するが、移動平面鏡MX、XYを小さくしようとする目的からすれば、測定軸間距離DXとDYを極端に異ならせることは意味がなく、また仮に $DX \ll DY$ としても、 $DX/DY \rightarrow 0$ の極限を取ったとき、初めて $\Delta(X1) \rightarrow \sigma_m$ となるのであって、決して $\sigma_m$ にはならないことがわかる。また、測定軸を増設して(ステージの自由度+1)よりも数を多くして、平均化効果で精度を上げることも考えられる。例えば、前述の例のステージ装置でY側の測定軸を、Y1、Y2の他に、さらにY3、Y4、...と増設することが考えられる。

しかし、この場合でも式(1)の $\theta Z$ の測定精度が上がるだけであるから、 $\Delta(X1)$ は $\sigma_m$ より大きいことには変わりはない。以上要約すれば、

【0066】

$$L(X1) = L(X2) + F(Y1, Y2, \dots) \quad \dots (5)$$

(但し、 $F()$ は、測定軸X1とX2の測定ビーム位置が異なることによる補正項である。)

【0067】

となるので、初期値設定誤差 $\Delta(X1)$ は、測定軸の有する固有の精度には到達し得ないことがわかる。



## 【0068】

以上の考察は、移動平面鏡MXが測定軸X1の測定ビームによる測定範囲内に再度入り、測定軸X1に設定する初期値を上述の式(1)から求めるに際し、従来技術である特開平7-253304号公報に開示されたステージ装置における一の測定軸の初期値として他の測定軸の測定値をそのまま用いた結果であり、このことから、上記公報による方法では初期値設定の精度は、測定軸固有の精度より常に劣ることがわかる。

## 【0069】

そこで、本実施の形態によるレーザ干渉測長方法および装置では、以下のようにして測定精度の劣化を防止して初期値を設定できるようにしている。

再び図3(a)、(b)を参照して、Y方向にステージSTが移動して測定軸X1の測定ビームが移動平面鏡MXから外れた後、再度、移動平面鏡Xが測定軸X1の測定ビームの測定範囲内に入ったとすると、測定軸X1の初期値の設定は次のような手順でなされる。

まず上記式(1)および式(2)から求められた式(3)から、測定軸X1の測長値L(X1)を計算する。

次に、求められたL(X1)から次式に基づいて、測定軸X1の干渉の次数Nと端数 $\varepsilon$ の推定値を求める。

## 【0070】

$$N(X1) = g \{ L(X1) / (\lambda / m) \}$$

$$\varepsilon = L(X1) / (\lambda / m) - N(X1)$$

## 【0071】

ここで、 $g\{X\}$ は、Xを越えない最大の整数を与える関数である。このN(X1)と $\varepsilon$ とを測定軸X1の信号処理系10に送出し、後程詳述するように信号処理系10内において、現在の干渉の次数Nと端数 $\varepsilon$ の推定値(N、 $\varepsilon$ )と測定軸X1の絶対位相 $\phi$ とから初期値(リセット値)を決定する。

## 【0072】

図4は、本実施の形態によるヘテロダイン・レーザ干渉測長装置の信号処理系10内の一測定軸用のブロック・ダイアグラムを示している。図4に示すように

、信号処理系10は、例えばレーザ光源70Xから出力された参照信号S1と各測定軸の検出器76a～76fからの測定信号S2が入力される位相比較器1を有している。位相比較器1は、参照信号S1と測定信号S2との位相差 $\phi$ を検出し、検出した位相差 $\phi$ を積算器2に出力すると共に計算処理装置3にも出力するようになっている。なお、位相比較器1と積算器2は図9を用いて既に説明した従来のものと同様の機能を有している。

#### 【0073】

積算器2は、参照信号S1と測定信号S2の位相差 $\phi$ の変化分を積算して、その積算値を移動平面鏡の移動量を示す情報（測定値P）として図1に示した制御装置8に出力するようになっている。一方、初期設定時（リセット時）における計算処理装置3には、制御装置8からの指令に基づいて、他のいずれかの測定軸から求められた現在の干渉の次数Nと端数 $\varepsilon$ の推定値（N、 $\varepsilon$ ）が入力されるようになっている。現在の干渉の次数Nや端数 $\varepsilon$ の推定値は、外部の計算処理装置で必要な時に測定値Pや他の軸の測定値から計算して求める。

#### 【0074】

計算処理装置3では、位相比較器1から入力された実際の位相差 $\phi$ と制御装置8から入力された位相差の推定値 $\varepsilon$ とを比較する。この比較は、推定された位相差 $\varepsilon$ が0（ゼロ）または $2\pi$ に近い場合、推定した干渉の次数が $\pm 1$ の範囲でずれている可能性があるので、その検証のために行うものである。この比較の動作を図5を参照しつつ説明する。図5（a）～（c）において、横軸は位相を表し、特に干渉の次数 $k=N-1$ 、 $k=N$ 、 $k=N+1$ の範囲の位相を図示している。1つの次数内で位相は $2\pi$ 変化している。図5（a）は、実際の位相差 $\phi$ と位相差の推定値 $\varepsilon$ の差の絶対値が $\pi$ より小さい（ $|\phi - \varepsilon| < \pi$ ）場合を示している。この場合は図示の通り実際の位相差 $\phi$ は次数N内にあるので、干渉の次数は推定値どおりNであり、設定値 $N' = N$ とする。図5（b）は、実際の位相差 $\phi$ から位相差の推定値 $\varepsilon$ を減じた値が $\pi$ より大きい（ $\phi - \varepsilon > \pi$ ）場合を示している。この場合は図示の通り実際の位相差 $\phi$ は次数 $N-1$ 内にあるので、設定値 $N'$ は、 $N' = N-1$ とする。また、図5（c）は、実際の位相差 $\phi$ から位相差の推定値 $\varepsilon$ を減じた値が $-\pi$ より小さい（ $\phi - \varepsilon < -\pi$ ）場合を示している。この

場合は図示の通り実際の位相差  $\phi$  は次数  $N+1$  内にあるので、 $N' = N+1$  とする。

計算処理装置 3 では、以上のようにして求めた設定値  $N'$  から、リセット値  $R$  を以下の式に基づいて求める。

【0075】

$$R = M \times N' + M (\phi / 2\pi)$$

(但し、 $M$  は測定分解能を示す)

【0076】

求められたリセット値  $R$  は、積算器 2 に出力されて設定される。

なお、装置立ち上げ時や、何らかの原因で全ての測定軸が測定不能になり、全ての軸をリセットする必要がある場合でも、計算処理装置 3 に  $N=0$  を送り、同じく計算処理装置 3 の出力  $R$  を加算器 2 に設定するようにしておく必要がある。この場合は、結局のところ従来と同様に絶対位相差  $\phi$  だけが積算器 2 に設定されることになる。

【0077】

次に、本実施の形態によるレーザ干渉測長装置の信号処理系 10 の変形例を図 6 および図 7 を用いて説明する。

まず、図 6 に示す信号処理系 10 は、積算器 2 の出力  $P$  が必要に応じて計算処理装置 3 にフィードバックされるようになっている点に特徴を有している。これは、積算器 2 をリセットした後、計算処理装置 3 からリセット値が積算器 2 に設定されるまでの間の移動平面鏡の変位量まで含めて積算器 2 にプリセット値として設定しようとするものである。以下具体的に説明すると、まず、所定の測定軸の測定ビームの測定範囲から移動平面鏡が外れた後、再び測定ビームの測定範囲に移動平面鏡が入り、検出器で移動平面鏡からの反射光が受光可能になった後、積算器 2 はリセットされる（時刻  $t_1$ ）。

【0078】

次に、他のいずれかの測定軸で測定した干渉の次数  $N$  と端数  $\varepsilon$  の推定値 ( $N, \varepsilon$ ) と、位相比較器 1 からの位相差  $\phi$  とが計算処理装置 3 に入力されて、上記式  $R = M \times N' + M (\phi / 2\pi)$  に基づいてリセット値  $R$  が演算されるが、これら

入力、演算等が行われている間にも移動平面鏡は変位して位相比較器 1 からは位相差  $\phi$  が出力されている。積算器 2 は時刻  $t_1$  でリセットされて稼働状態になっているので位相比較器 1 からの位相差  $\phi$  の変化分は積算器 2 で積算されている。そこで、計算処理装置 3 が積算器 2 にリセット値を送出する際（時刻  $t_2$ ）の直前に、時刻  $t_1$  から時刻  $t_2$  直前まで積算器 2 で積算された変位量  $P_{12}$  を計算処理装置 3 に送り、計算処理装置 3 において演算したリセット値に  $P_{12}$  を加えてプリセット値として時刻  $t_2$  に積算器 2 に出力して設定するようにすれば、時刻  $t_1 \sim t_2$  における移動平面鏡の変位まで考慮したより精密な初期値の設定を行うことができるようになる。

#### 【0079】

また、信号処理系 10 を図 7 に示すような構成にしてもよい。図 7 に示す信号処理系 10 は、位相比較器 1 の出力を信号処理系 10 外部に直接取り出せるように構成されており、これは図 4 に示した信号処理系 10 から計算処理装置 3 を取り外して、計算処理装置 3 の機能を外部の処理装置（図示せず）に持たせたものである。従って、積算器 2 へのリセット値  $R$  の設定は外部の処理装置により前述と同様な方法で計算され、計算されたリセット値  $R$  は外部の処理装置から直接積算器 2 に設定される。

#### 【0080】

以上説明したように、本実施の形態によるレーザ干渉測長方法および装置では、従来のヘテロダイン・レーザ測長干渉システムが位相変化を任意の点から計測していたのに対し、常に位相 0（ゼロ）を基準点にして、当該基準点から計測できるようにした点に特徴を有している。これによって、フリンジカウント方式と同様に、干渉の次数が導入できるため、高精度な初期値の設定が可能となる。

#### 【0081】

本発明は、上記実施の形態に限らず種々の変形が可能である。

例えば、上記実施の形態においては、X ステージ XST の X 方向の移動量を測定するレーザ干渉システム 7X と、X ステージ XST の Y 方向の移動量を測定するレーザ干渉システム 7Y とでレーザ光源 70X、70Y をそれぞれ別個に持たせるようにしたが、各軸の検出器 76a～76f に入射する測定ビームの光量が

各軸の検出器76a～76fの受光レンジ内に維持できるのであれば、1台のレーザー光源からの射出光を全軸に分割して用いるようにすることもできる。

#### 【0082】

また上記実施の形態では、XステージXSTのX方向の4つの測定軸のうちの1つが移動平面鏡から外れた際における当該測定軸の初期値の設定について説明しているが、Y方向の測定軸において1つの測定軸が移動平面鏡から外れた場合についても同様にして本発明を適用できる。さらに、X方向の移動量の測定に4つの測定軸を用意し、Y方向に2つの測定軸を用意したが、本発明はこれに限られず、より多数軸であっても同様に本発明を適用することができる。

#### 【0083】

また、例えば、上記実施の形態においては、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置に本発明を適用したが、本発明はこれに限られず、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置、あるいは、X線（エネルギー線）をエネルギー源とする露光装置や電子線（エネルギー線）を光源（エネルギー源）とする荷電粒子線露光装置に適用することももちろん可能である。

#### 【0084】

また、上記実施の形態においては、照明光（エネルギー線）を射出する光源（エネルギー源）として超高圧水銀ランプを用いたが、本発明はこれに限られず、エキシマレーザー光（エネルギー線）を射出するエキシマレーザー等を用いてもよい。

#### 【0085】

##### 【発明の効果】

以上の通り、本発明によれば、X-Y平面を移動可能な移動平面鏡のX方向変位を、Y方向の長さが短い小さな移動平面鏡で精密に測定できるレーザー干渉測長方法および装置を実現できる。このため、可動範囲を広げながら、なお且つステージの小型化を図ることができ、X-Y平面を移動可能なステージに固定された移動平面鏡のX方向変位を、Y方向の長さが短い小さな移動平面鏡で精密に測定できるレーザー干渉測長装置を用いたステージ装置、およびそれを用いた露光装置を実現できる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施の形態による投影露光装置の概略の構成を示す図である。

【図2】

本発明の一実施の形態による投影露光装置に用いられるステージ装置の概略の構成を示す図である。

【図3】

本発明の一実施の形態によるレーザ干渉測長方法および装置を説明する図である。

【図4】

本発明の一実施の形態によるレーザ干渉測長装置に用いられる信号処理系10の概略の構成を示す図である。

【図5】

本発明の一実施の形態によるレーザ干渉測長装置の信号処理系10における処理の一例を示す図である。

【図6】

本発明の一実施の形態によるレーザ干渉測長装置に用いられる信号処理系10の変形例の概略の構成を示す図である。

【図7】

本発明の一実施の形態によるレーザ干渉測長装置に用いられる信号処理系10の他の変形例の概略の構成を示す図である。

【図8】

従来のレーザ干渉測長方法および装置を説明する図である。

【図9】

従来のレーザ干渉測長装置の信号処理系における処理を示す図である。

【図10】

レーザ干渉測長装置の構成の代表例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 位相比較器
- 2 積算器

- 3 計算処理装置
- 4 開口絞り部
- 5 コリメートレンズ
- 6、30、50 駆動系
- 7、52 レーザ干渉システム
- 8 制御装置
- 9 出力装置
- 10 信号処理系
- 12 水銀ランプ
- 14 楕円鏡
- 16 シャッタ
- 22 フライアイレンズ
- 26 コンデンサレンズ
- 28 レチクルブラインド機構
- 30 レンズ系
- 32 ミラー
- 34 メインコンデンサレンズ
- 50 レチクルステージ用平面反射鏡
- 54 ウェハステージ用平面反射鏡
- 70X、70Y レーザ光源
- 72a~72d ビームスプリッタ
- 74a、74b ビームベンダ
- 76a~76f 検出器
- 78a~78f 干渉ユニット
- PL 投影光学系
- R レチクル
- RST レチクルステージ
- ST ステージ
- W ウェハ

W S T ウェハステージ

X S T Xステージ

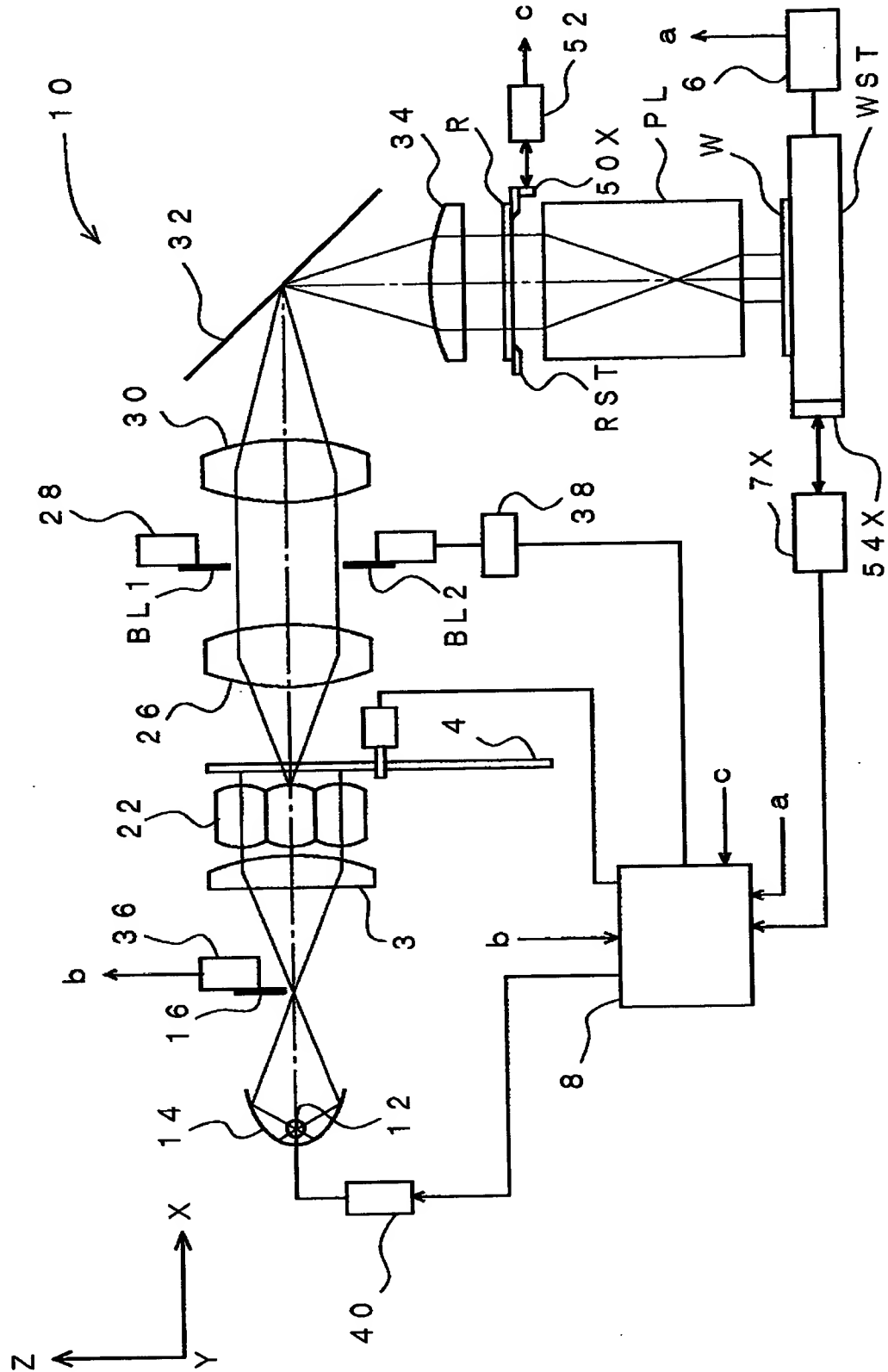
Y S T Yステージ



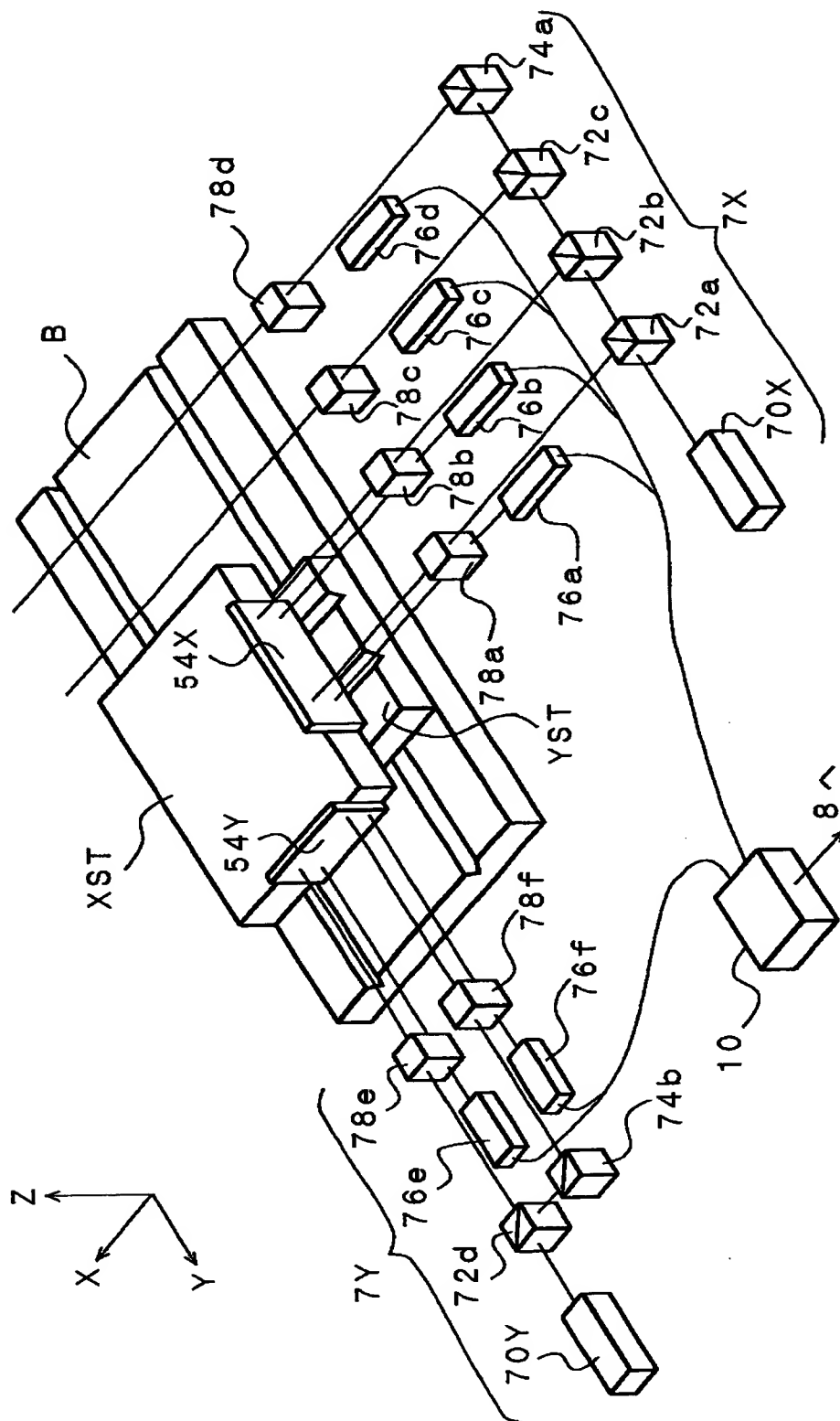
【書類名】

図面

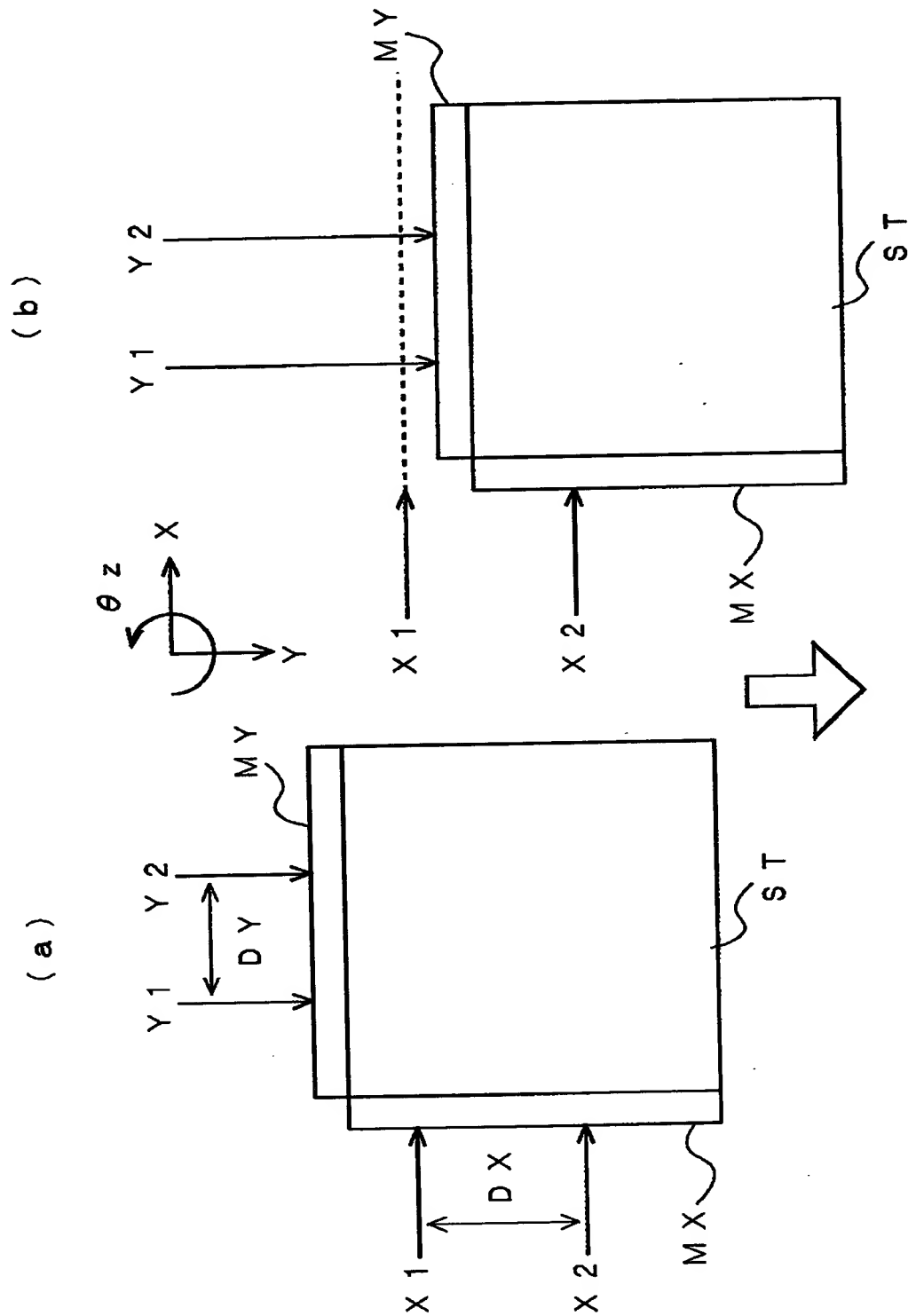
【図1】



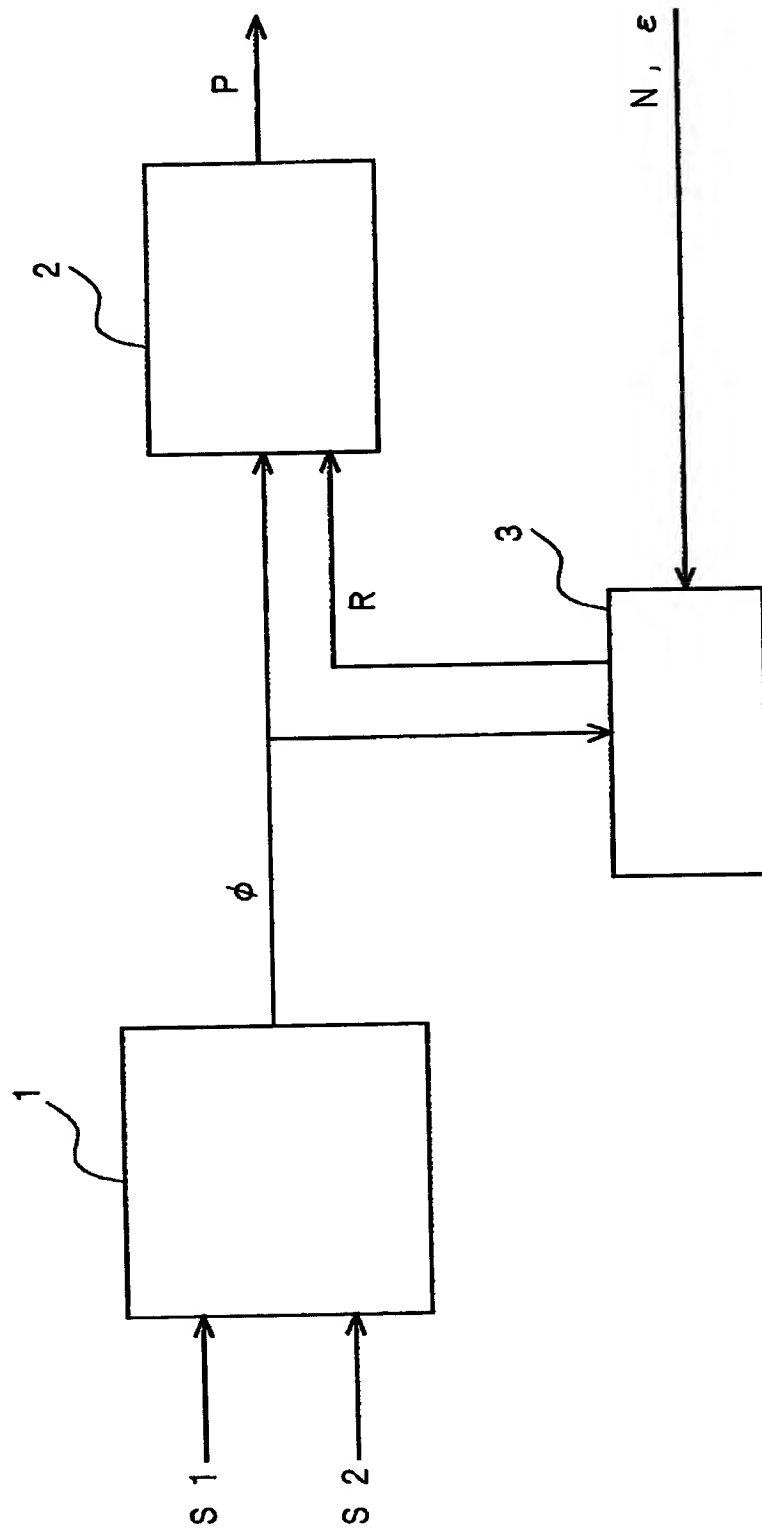
【図2】



【図3】

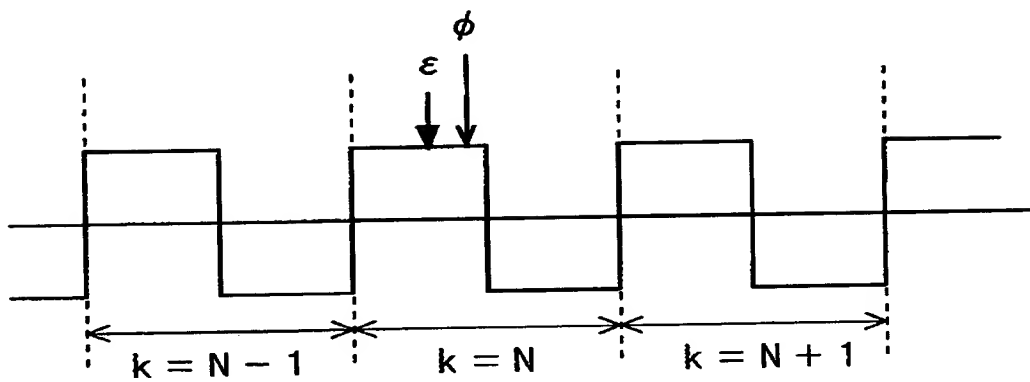


【図4】

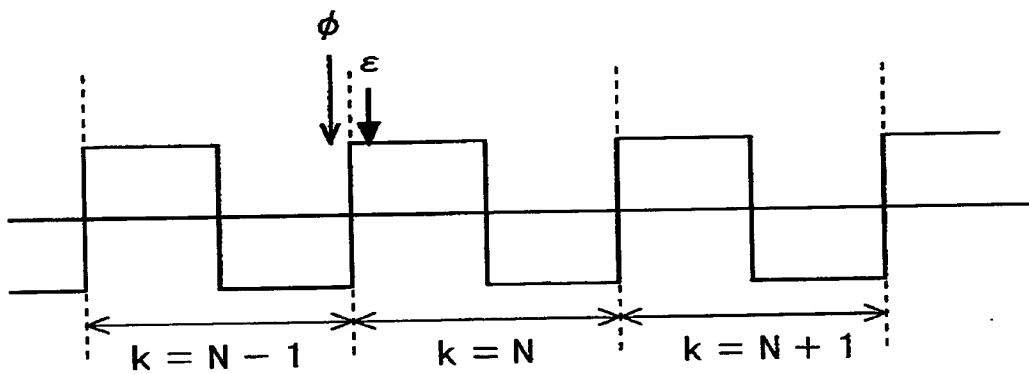


【図5】

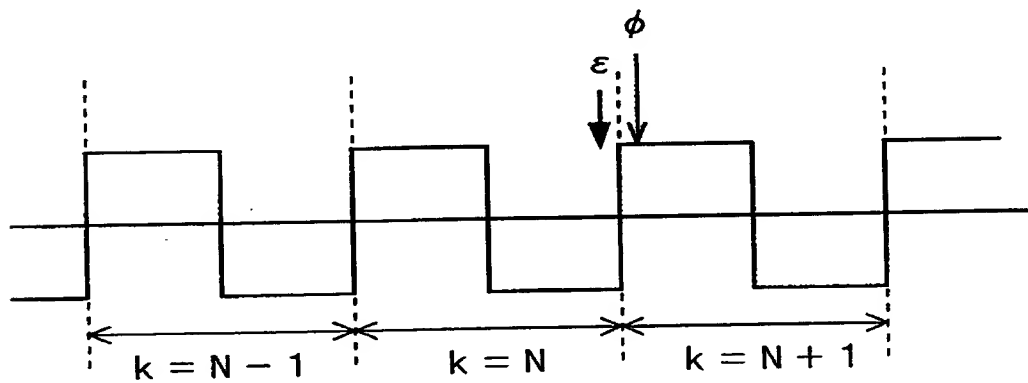
(a)  $|\phi - \varepsilon| < \pi$



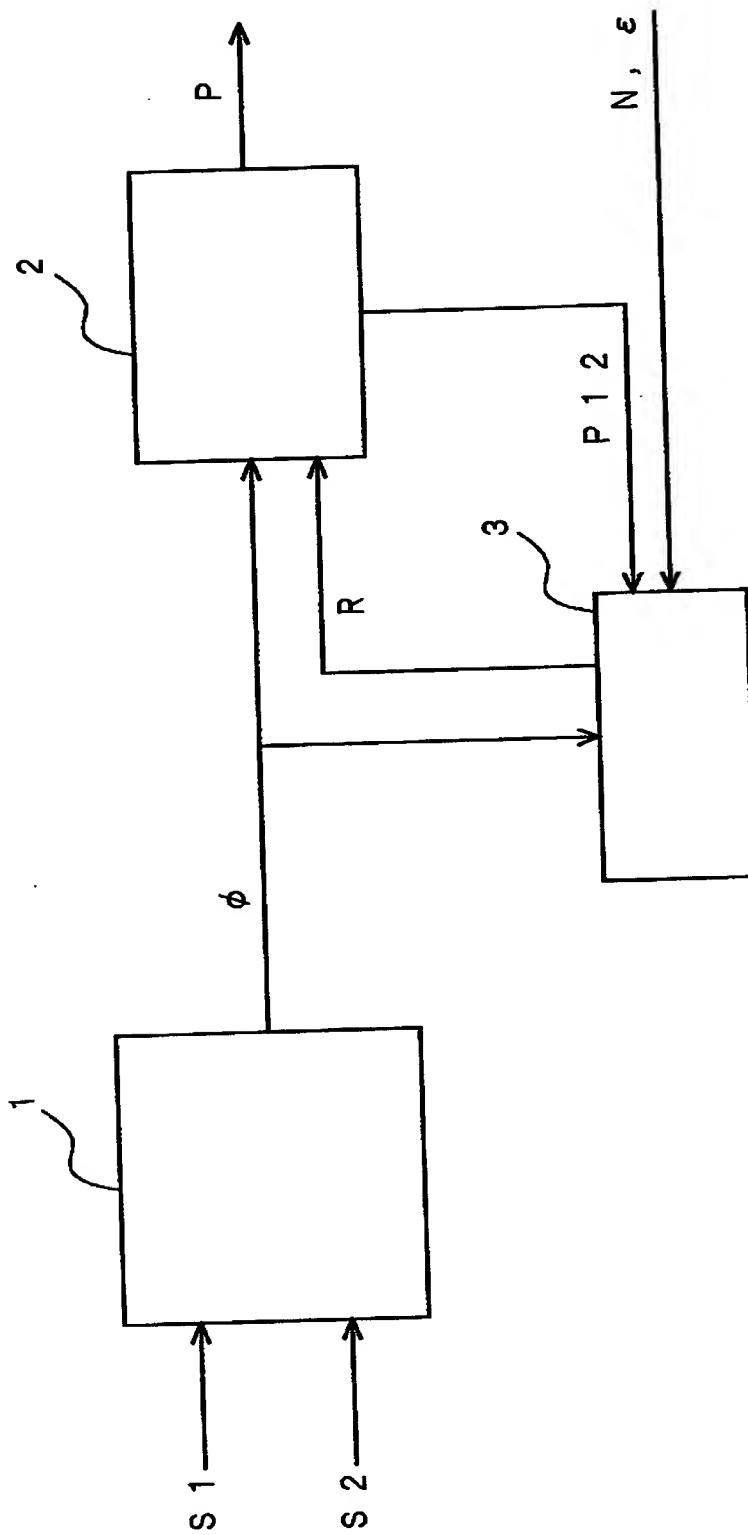
(b)  $\phi - \varepsilon > \pi$



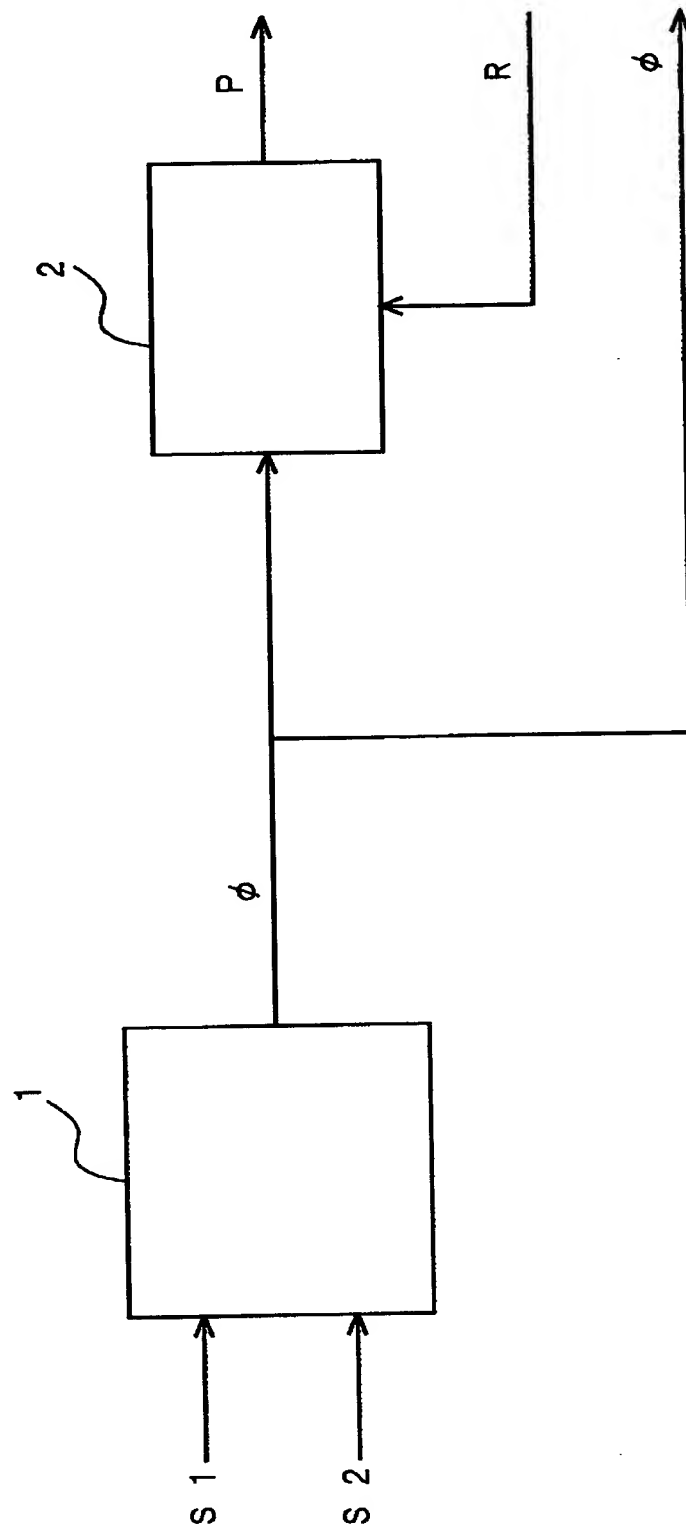
(c)  $\phi - \varepsilon < -\pi$



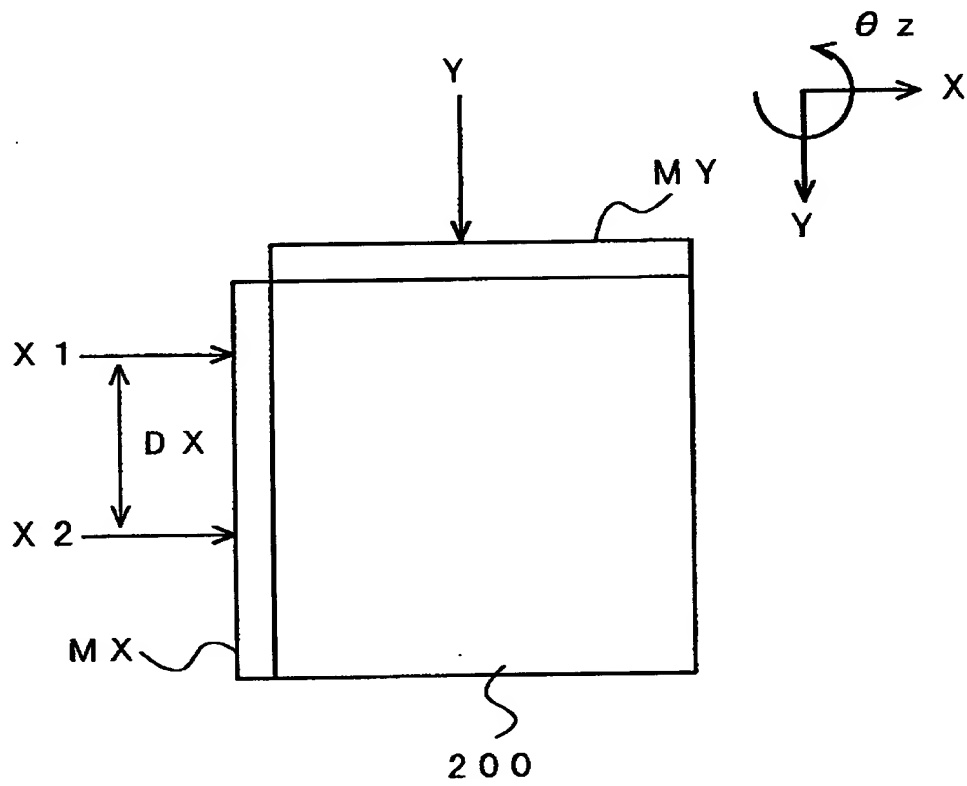
【図6】



【図7】

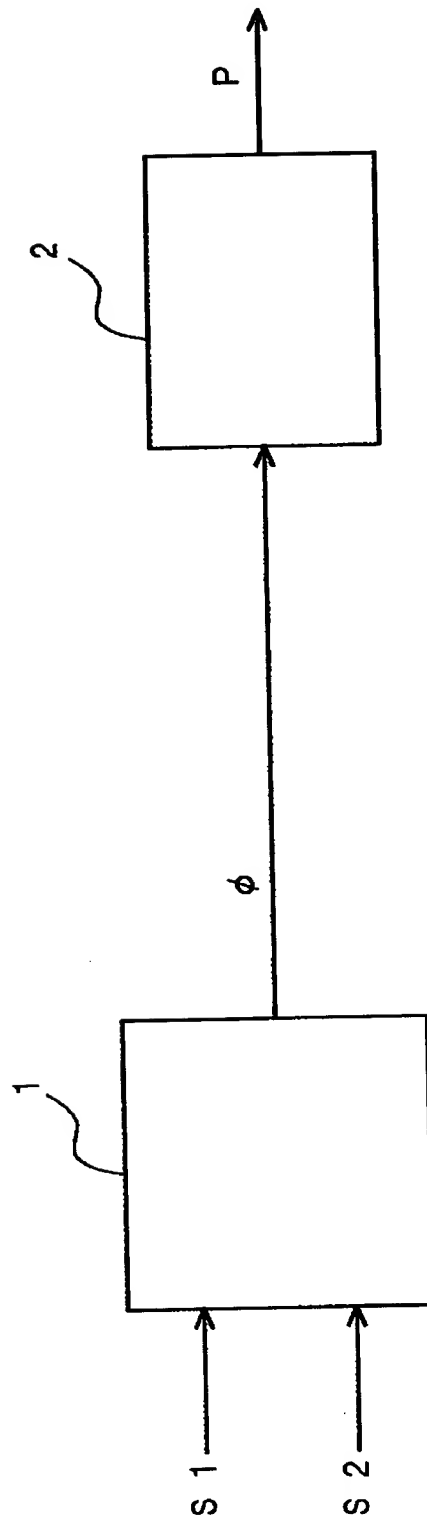


【図8】

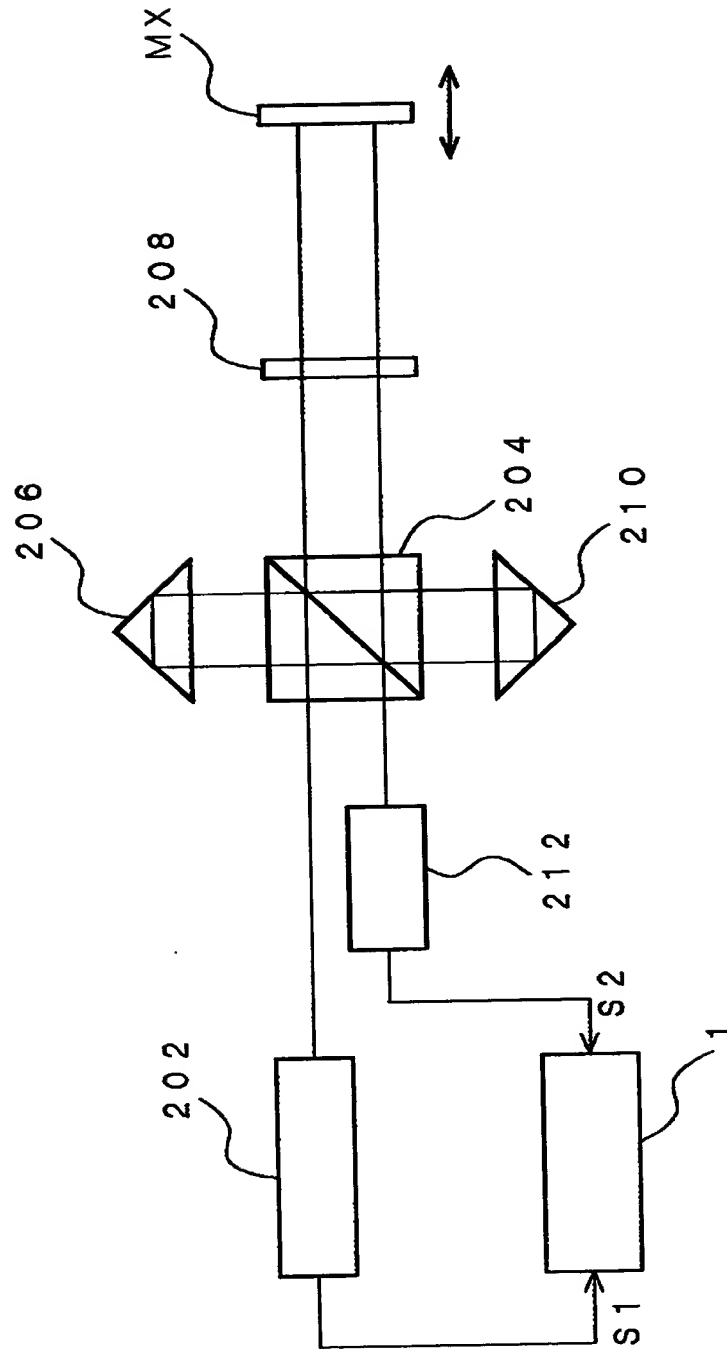




【図9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】本発明は、X-Y平面を移動可能な移動平面鏡のX方向変位を、Y方向の長さが短い小さな移動平面鏡で精密に測定できるレーザ干渉測長方法および装置、およびそれを用いたステージ装置、露光装置を提供することを目的とする。

【解決手段】所定の自由度で移動可能な移動平面鏡54Xに測定光を射出し、その反射光を参照光と干渉させて移動平面鏡54Xの基準位置からの所定方向の距離を測長するために、測定光の測定軸を、一の測定軸での測長が不可能になっても他の測定軸で継続して測長できるように複数配置して行うレーザ干渉測長方法において、一の測定軸が測長不可能な状態から測長可能になったら、他の測定軸の測定値から移動平面鏡54Xの所定方向の距離に関する干渉の次数Nを求めるとともに、干渉の次数Nと一の測定軸で測定される絶対位相 $\phi$ とに基づいて、一の測定軸の測定値をリセットするように構成する。

【選択図】 図2

【書類名】  
【訂正書類】

職権訂正データ  
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000004112

【住所又は居所】

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

【氏名又は名称】

株式会社ニコン

【代理人】

申請人

【識別番号】

100101214

【住所又は居所】

東京都杉並区荻窪5丁目16番5号 エルシオン荻

窪102号 森岡特許事務所

【氏名又は名称】

森岡 正樹

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン